



Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas

Gonzalo Silva A¹
Angel Lagunes T²
J. Concepción Rodríguez M³
Daniel Rodríguez L⁴

RESUMEN. Por sus ventajas ecológicas, el uso de insecticidas de origen vegetal en el manejo de plagas ha ido incrementando. Sin embargo, existe una serie de problemas y creencias equivocadas que impiden una mejor aceptación de estos productos por parte del agricultor. Además, encaran lentos, problemáticos y desventajosos procesos de comercialización y registro, a pesar de tener un alto potencial para formar parte del manejo integrado de plagas como una estrategia de bajo riesgo. En este manuscrito se analizan el estado actual, ventajas y desventajas, junto con todos aquellos factores que no han permitido que este tipo de insecticidas no posea una mayor relevancia en el manejo de plagas.

Palabras Clave: Fitoinsecticidas, Plaguicidas naturales, Manejo integrado de plagas.

ABSTRACT. Vegetable Insecticides: A New-Old Option in Pest Management. Owing to its ecological advantages, the use of botanical insecticides in pest management has been increasing. However, some problems and misconceptions prevent better acceptance of these products by farmers. In addition, they face lengthy, cumbersome and disadvantageous registration and sale processes, despite their high potential to belong to low-risk pest management. This paper discusses the current status, advantages, disadvantages and the factors that prevent this type of insecticides from increasing their relevance in pest management.

Key words: Botanical insecticides, Natural pesticides, Integrated pest management.

Introducción

En los años 40 aparecieron en el mercado los insecticidas organosintéticos, tales como el DDT, paratión, aldicarb, malatión y dimetoato, entre otros; mismos que, por su alta eficacia biológica y bajo costo, reemplazaron a los de origen vegetal (Casida y Quistad 1998). En consecuencia, se pensó que los problemas de pérdidas de cosechas a causa de insectos plaga eran cosa del pasado, y la entomología agrícola no sería más que un entretenimiento para quienes quisieran dedicarse a ella.

Aunque si bien es cierto que el impacto de los insecticidas sobre el avance de la agricultura es compa-

nable solo con el de los antibióticos en la medicina moderna, su uso irracional ha provocado una serie de problemas, como la contaminación del ambiente, los residuos en los alimentos, la aparición de plagas secundarias y la resistencia a los insecticidas. Debido a estos problemas, hoy en día se está presentando lo que se podría denominar como “una segunda época” en el uso de los insecticidas de origen vegetal para el manejo de plagas. Así, se ha vuelto a utilizar insecticidas vegetales como rotenona (*Lonchocarpus* spp., Fabaceae), riania (*Ryania speciosa*, Flacourtiaceae), tabaco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae), piretro

¹ Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Casilla 537. Chillán. Chile. gsilva@udec.cl

² Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo. Texcoco. México. alagunes@colpos.colpos.mx

³ Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo. Texcoco. México. concho@colpos.colpos.mx

⁴ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Córdoba. México. darola@correoweb.com

(*Tanacetum cinerariaefolium*, Compositae), nim (*Azadirachta indica*; Meliaceae), cuasia (*Quassia amara*, Simaroubaceae) e higuerilla (*Ricinus communis*, Euphorbiaceae), pero, lamentablemente, otra vez se está cayendo en una especie de triunfalismo que podría conducir nuevamente al colapso (Gaugler 1997, Isman, 1997, Menn y Hall 1999, Rodríguez 2000). Es común encontrar en América Latina manuales o folletos que recomiendan el uso de insecticidas vegetales sin haber sido validados científicamente. Además, en muchos casos, el uso de insecticidas botánicos está respaldado por investigaciones parciales, a muy pequeña escala o de dudosa calidad. Por último, hay quienes sostienen que, por tratarse de sustancias naturales, estas son inocuas para el ser humano. Sin lugar a dudas, lo anterior contrasta con la fuerza y vehemencia con las que algunos critican los insecticidas organosintéticos, a la vez que no existe una regulación específica sobre lo que se publica, e inclusive a veces se vende, si lleva el "apellido" natural. No es lógico que no se diferencie entre lo publicado por una universidad u organismo internacional de investigación y lo que publican agrupaciones de campesinos, pequeñas organizaciones e incluso grupos ecologistas, que no siempre tiene toda la rigurosidad necesaria.

Tomando en cuenta lo anterior, los objetivos de este artículo consisten en ordenar algunas de estas ideas, aclarar algunos conceptos y hacer un análisis del estado actual y las perspectivas de los insecticidas vegetales como una parte más del manejo integrado de plagas con estrategias de bajo riesgo.

¿Todo lo natural es bueno?

Es un gran error considerar los productos de origen vegetal y, por ende, los insecticidas vegetales como productos inocuos. Existe una gran cantidad de productos vegetales que son muy tóxicos; basta recordar que Sócrates fue condenado a muerte por ingesta de cicuta (*Cicuta* spp.), un extracto acuoso muy venenoso de esta planta.

En su libro *Plants that Poison*, Schmutz y Breazeale (1986) enumeran alrededor de 120 especies de plantas que contienen alguna sustancia tóxica para el ser humano, mencionando incluso especies tan comunes como el almendro, el frijol, el ajo, la fresa y el manzano. En consecuencia, no se debe olvidar que el potencial tóxico de una molécula se debe a la naturaleza de su estructura química y no a su origen (Coats 1994). Además, como dijo Paracelso en 1564, la diferencia entre lo que mata y lo que cura es la dosis. Por

lo tanto, se debe tener sumo cuidado cuando se hacen recomendaciones sobre el uso de insecticidas vegetales elaborados por el propio agricultor.

¿Insecticidas?

Por definición, un insecticida es aquella sustancia o mezcla de sustancias que ejercen su acción biocida debido a la naturaleza de su estructura química (Ware 1994). Por ejemplo, si matamos un insecto para nuestra colección entomológica usando frascos con cianuro de potasio podemos decir que esta sustancia tiene efecto insecticida. Sin embargo, no podemos decir lo mismo del agua cuando las gotas de lluvia matan áfidos o moscas blancas, ya que su mortalidad no se atribuye a las características de la estructura química del agua.

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático más que insecticida (Rodríguez 1996a). Es decir, inhiben el desarrollo y comportamiento de los insectos en lugar de matarlos directamente por sus propiedades tóxicas. Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales sí provocan un efecto insecticida, como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona (Izuru 1970). Según Coats (1994), los compuestos naturales, en general, tienen un efecto protector que principalmente se debe a repelencia, disuasivo de la alimentación u oviposición y regulador del crecimiento. Además, Metcalf y Metcalf (1992) señalan el efecto confusor o disruptor, los cuales consisten en "contaminar" el medio con estímulos químicos de diferente naturaleza, de modo que el insecto no pueda identificar el aleloquímico característico del huésped vegetal en que se alimenta o reproduce. Por lo tanto, debemos considerar a todos aquellos compuestos que sabemos que su efecto es insectistático como preventivos más que como curativos (Rodríguez 1993). Encontramos un ejemplo de lo anterior en el caso de los granos almacenados, donde una vez que el insecto ya penetró el grano, ningún polvo vegetal de probada eficacia protectora tendrá efecto (Lagunes y Rodríguez 1989).

Metodologías de evaluación

Es un error considerar la mortalidad como el único parámetro de eficacia biológica pues, como ya se mencionó, esta no necesariamente constituye el principal efecto (Metcalf y Metcalf 1992, Coats 1994). El uso de metodologías de evaluación bajo condiciones de laboratorio constituyen el primer paso en la obtención de

nuevas plantas para el control de plagas. Por esto, se debe ser lo más riguroso posible, pues la posibilidad de catalogar a una planta como carente de propiedades insecticidas a causa de una metodología equivocada puede producir la pérdida de una nueva alternativa de control. Es frecuente encontrar errores como el no hacer separación de insectos de prueba por edad, tamaño o sexo, lo cual conduce a enormes imprecisiones en la percepción del potencial real de los tratamientos. Además, Asher (1987) señala que, para apoyar el uso de insecticidas vegetales, siempre se deben realizar rigurosos experimentos de campo y no emitir recomendaciones derivadas exclusivamente de estudios de laboratorio. Numerosos compuestos funcionan mucho mejor en placas, vasos, discos u hojas solas que en el campo sobre huertos, plantas completas, y bajo la incidencia de condiciones ambientales desfavorables. También Simmonds *et al.* (1992), indican que, en promedio, de diez plantas que muestran excelentes resultados en laboratorio, sólo dos manifiestan una eficacia biológica aceptable en condiciones de campo. Por esto, a pesar de la innegable importancia de los estudios de laboratorio en el desarrollo de este tipo de tecnología, no es viable recomendar el uso de una planta sin que exista la investigación de campo respectiva. Además, la investigación debería realizarse durante varios ciclos productivos; considerar todas las opciones de uso de la planta, como pulverización, extractos acuosos y alcohólicos; su acción sobre varios tipos de insectos, como masticadores, picador-chupador, móviles o estacionarios, de campo o almacén y, por supuesto, el impacto sobre los insectos benéficos. No se debe olvidar que el objetivo de toda investigación es que otra persona pueda repetirla y obtener resultados similares.

¿Cuáles plantas utilizar?

Son muchas las publicaciones que hacen listados de plantas con propiedades insecticidas. Por ejemplo, Heal *et al.* (1950) documentan aproximadamente 2 500 plantas, de 247 familias botánicas, con propiedades insecticidas; Secoy y Smith (1983) enumeran 664 plantas de un total de 135; Simmonds *et al.* (1992) consignan 278 plantas de 58 familias como de un alto poder insecticida.

Para ser usada en forma extensiva, no basta con que una planta sea considerada promisoriosa o con demostradas propiedades insecticidas. Además, se debe hacer análisis de riesgos para el medio ambiente y la

salud. Por ejemplo, no es conveniente recomendar el uso de plantas que estén en vías de extinción, que sean difíciles de encontrar o cuya utilización implique alteraciones importantes a la densidad en que se encuentran en la naturaleza (Lagunes 1994). A continuación, se enumeran las características que debe tener la planta insecticida ideal (Ahmed y Grainge 1986, Rodríguez 1993), con la finalidad de aprovecharla al máximo, sin deteriorar el ecosistema:

1. Ser perenne.
2. Estar ampliamente distribuida y en grandes cantidades en la naturaleza, o que se pueda cultivar.
3. Usar órganos renovables de la planta (hojas, flores o frutos).
4. No ser destruida cada vez que se necesite recolectar material (evitar el uso de raíces y cortezas).
5. Requerir poco espacio, manejo, agua y fertilización.
6. Tener usos complementarios (como medicinales).
7. No tener un alto valor económico.
8. Ser eficaz en bajas dosis.

Estacionalidad de la planta y de la plaga

Rodríguez (1996a) indica que las plantas son laboratorios naturales, donde se biosintetiza una gran cantidad de sustancias químicas, entre las que se encuentran las que producen el efecto protector, las cuales generalmente forman parte del llamado “metabolismo secundario” (Schoonhoven 1982).

En las plantas son frecuentes los metabolitos secundarios con funciones defensivas contra insectos, tales como los alcaloides, los aminoácidos no proteicos, los esteroides, fenoles, flavonoides, glicósidos, glucosinolatos, quinonas, taninos y terpenoides (Valencia 1995). En un principio, a muchos de estos compuestos no se les asignaba papel alguno en el metabolismo, pero Swain (1977) indica que constituyen señales químicas importantes del ecosistema y existe variación en cuanto a la concentración de los compuestos secundarios que los individuos de una población expresan. Además, el mismo autor señala que no hay un patrón de máxima producción, ni órganos especiales de almacenaje de metabolitos secundarios. Sin embargo, Valencia (1995) indica que las mayores concentraciones de este tipo de compuestos normalmente se encuentran en las flores y semillas, por lo que debe privilegiarse el uso de estos órganos.

El problema surge cuando la presencia de la plaga no coincide con la disponibilidad de la planta en forma natural, ya sea porque la planta es anual o porque la plaga tiene un ciclo diferente. Una buena alternativa podría ser almacenar las partes vegetales de interés hasta que sea necesario utilizarlas. Lamentablemente, muchos de estos compuestos disminuyen su concentración en el tiempo, por lo que resulta conveniente estudiar el efecto de almacenaje sobre la efectividad biológica de la planta en cuestión y, en consecuencia, determinar la viabilidad del uso de plantas que hayan sido almacenadas durante un tiempo determinado. Uno de los pocos estudios sobre el tema fue realizado por Hernández *et al.* (1999), quienes probaron 12 polvos de plantas recién pulverizadas y con 10 meses de almacenamiento para el control de *Sitophilis zeamais*, encontrando valores de control menores con los polvos de mayor data, situación que confirma la afirmación anterior.

Monocultivo de plantas con propiedades insecticidas

Una opción válida para la obtención de material vegetal es su cultivo comercial, tal como se hace actualmente con el nim y el piretro. De esta manera, se abre la posibilidad de desarrollar variedades con mayores rendimientos del ingrediente activo (Asher 1987). Sin embargo, esta práctica conduce al monocultivo y en consecuencia la biodiversidad del agroecosistema se reduce sensiblemente (Altieri 1993). Lo anterior provoca un aumento en la densidad de aquellas especies de insectos que han coevolucionado con la planta en cuestión, y puede "obligar" al agricultor a usar insecticidas convencionales o bien, a buscar una planta insecticida para controlar las plagas de la planta insecticida cultivada. Un ejemplo de lo último se observa en el cultivo comercial, con fines medicinales, de la Hierba de San Juan (*Hypericum perforatum*; Hypericaceae), en Chile. Cuando se observa esta planta en su hábitat natural, rara vez se advierte la presencia de plagas o enfermedades, pero cuando se cultiva en forma extensiva el ataque de *Chrysolina* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) y de algunas enfermedades fungosas pueden provocar la pérdida completa del cultivo, que en varias oportunidades han obligado a los agricultores a aplicar plaguicidas organosintéticos para salvar la planta y poder producir la próxima temporada.

El establecimiento de cultivos con plantas insecticidas constituye una opción viable para las empresas

que se dedican a la comercialización de este tipo de productos. Sin embargo, con frecuencia se encuentran problemas logísticos para obtener el material necesario para satisfacer la demanda. Existen especies vegetales difíciles de cultivar o no existen en suficiente cantidad. Un ejemplo es la India, donde hay 25 millones de árboles de nim, y como la mayoría de ellos forma parte de parques y jardines, la gente cosecha los frutos y los vende a las empresas, sin que aún así se satisfaga completamente la demanda (Isman 1997).

Ahmed y Grainge (1985, 1986) señalan que el cultivo de plantas insecticidas constituye una buena forma de desarrollo rural y evita que las alternativas naturales sean agresivas al medio ambiente, como sucedió hace algunos años en Chile con la ya mencionada hierba de San Juan, donde los agricultores recorrían montes y bosques con el afán de coleccionar grandes cantidades de esta planta abatiendo su densidad natural.

Objetivos de investigación

La investigación sobre insecticidas vegetales puede tener dos vertientes: una es la de la agricultura de subsistencia, que procura buscar la independencia del agricultor, proporcionándole alternativas de combate de plagas mediante el uso de plantas de su mismo medio; la otra consiste en buscar entre las plantas silvestres nuevas moléculas con propiedades insecticidas con el potencial de originar una nueva familia de insecticidas que pudiesen llegar a sintetizarse en laboratorios, como ha ocurrido con los piretroides y los carbamatos, que son derivados sintéticos de moléculas aisladas de plantas como piretro, (*T. cinerariaefolium*) y el haba de calabar (*Physostigma venenosum*), respectivamente.

Un ejemplo de esta última línea de investigación es que en 1995 se aislaron de *Calceolaria andina* (Scrophulariaceae), una planta que crece en los Andes de Chile, dos compuestos identificados como RDBI (Resistance Defeating Botanical Insecticides), los cuales han demostrado tener un gran efecto biocida sobre moscas blancas, áfidos y ácaros fitófagos resistentes a los insecticidas convencionales. Además, su costo de producción es bastante bajo (Khambay *et al.* 1999, Anónimo 2000), por lo que seguramente en un futuro cercano darán lugar a una nueva familia de insecticidas organosintéticos, obtenidos a partir de compuestos naturales.

¿Sólo agricultura de subsistencia?

En la agricultura de subsistencia, el uso de extractos y plantas pulverizadas obtenidos de plantas del mismo agroecosistema, constituye una opción muy útil para agricultores de escasos recursos económicos que cuentan con superficies de terreno muy pequeñas. Desgraciadamente, este mismo enfoque no se puede aplicar a grandes productores o empresas con elevada demanda de productos para la protección vegetal.

Por ejemplo, la industria azucarera de Chile (IANSA), que cultiva alrededor de 50,000 hectáreas de remolacha azucarera. Para el control de *Myzus persicae* Sulzer se recomienda el uso de extracto de ajo al 1%, con un gasto de 200 litros de agua por hectárea. Si dicha empresa deseara combatir esta plaga con este insecticida, con un promedio tres aplicaciones, en total se requerirían 30,000 litros de extracto de ajo al 1%. En el mercado chileno el ajo tiene un costo aproximado de US\$2 por kilogramo, por lo que esta práctica tendría un costo de US\$4 por hectárea, lo cual generaría una erogación total por temporada de US\$600,000. Si se utilizara dimetoato, a razón de 0.2 l/ha, costaría aproximadamente US\$381 000. En consecuencia, los costos de control con extracto de ajo se elevarían en un 54% y seguramente no se podrían sufragar. Seguramente una mejor opción para este tipo de agricultura sería comprar los insecticidas vegetales formulados comercialmente, que en este caso podrían ser Biocrack® (Berni Labs, México) o Garlic Barrier® (Garlic Research Lab, USA).

En contraposición, la agricultura orgánica constituye un mercado muy demandante de insecticidas vegetales, debido a la imposibilidad de utilizar agroquímicos convencionales (Rodríguez 1997, Geier 1999). Actualmente, el mercado se encuentra en expansión y por lo general tiene altas tasas de retorno, por lo que constituye un “nicho” muy importante para atender. Desdichadamente, es común que algunas personas conceptúen la agricultura orgánica como un sistema de producción que difiere de la agricultura convencional solamente por la ausencia de agroquímicos sintéticos. Este error puede provocar que el agricultor, al no ver los resultados esperados, pierda la confianza y reafirme su preferencia por los insecticidas sintéticos (Arauz 1996).

Resistencia

La mayoría de los insecticidas vegetales son extractos constituidos por un grupo de ingredientes activos de

diversa naturaleza química (Simmonds *et al.* 1992, Coats 1994, Isman 1997). Desde el punto de vista de la resistencia, una de las desventajas que, según Isman (1997), presentan los insecticidas vegetales, la inestabilidad, juega en este caso a nuestro favor, pues como hay poca probabilidad de que dos extractos sean siempre iguales, la presión de selección sobre la plaga no será siempre la misma. Esto se debe a que aunque se trate de los mismos elementos, no siempre estarán en las mismas concentraciones. En general, los insectos tardan más en desarrollar la resistencia a una mezcla de ingredientes activos naturales que a cualesquiera de sus componentes por separado. Esto puede deberse a que es más difícil destoxificar un complejo de sustancias que una sola molécula (Isman 1997). Por ejemplo, Feng e Isman (1995) señalan que en una evaluación de laboratorio, al aplicarse al áfido *M. persicae* azadiractina sola, en 35 generaciones este fue capaz de desarrollar un nivel de resistencia nueve veces superior al de la raza inicial. En cambio, con el extracto de nim (que contenía la misma concentración de azadiractina) en el mismo período no mostró indicios de resistencia.

Registro

Isman (1997) indica que el registro constituye una de las principales barreras para la comercialización de los insecticidas vegetales, debido a la gran cantidad de requerimientos —a menudo innecesarios, puesto que fueron pensados para insecticidas organosintéticos— que generalmente deben cumplir. En cambio, McClintock (1999) señala que en EE.UU el que un insecticida sea clasificado como plaguicida bioquímico (como lo son los insecticidas vegetales) constituye una ventaja, pues se necesita una menor cantidad de requisitos para su registro.

En América Latina, lamentablemente, la mayoría de las legislaciones no están preparadas para registrar este tipo de productos. Como ejemplo podemos mencionar los largos y tortuosos procesos de registro que han tenido que enfrentar en México los insecticidas Biocrack® (extracto de ajo) de Berni Labs y el Protector de Granos® (polvo de follaje y semilla de nim) de Fitorgánica Mexicana. Para julio del 2001, esta empresa llevaba dos años en proceso de registro, mientras que, en el mismo simposio, el director de Berni Labs señaló haber obtenido el registro para su producto después de siete años de iniciar sus actividades. Anderson y Milewski (1999) indican que si bien es

cierto que las regulaciones que hay al respecto no están del todo definidas, debe crearse una legislación especial que aborde el registro de este tipo de agroquímicos. Otro problema que Isman (1997) señala es el costo de los estudios para registrar una nueva sustancia, mismo que puede superar los US\$ 250 000 e incluso alcanzar los US\$ 2 millones. Considerando que los insecticidas vegetales son producidos generalmente por pequeñas y medianas compañías, los costos de registro son con frecuencia prohibitivos. Una solución podría consistir en otorgar el registro de insecticidas vegetales con base a estudios de eficacia biológica y análisis básicos de riesgos a la salud humana y al ambiente.

Otro problema presentado en el momento del registro, es que los insecticidas vegetales son, por lo general, sustancias que no han sido estandarizadas en cuanto a su calidad (Isman 1997). Esto se debe a que la concentración del o los ingredientes activos varían de acuerdo con la procedencia del material del que fueron obtenidos. Sin lugar a dudas, esta es una desventaja importante, pues una de las características de los insecticidas organosintéticos es que sin importar cuándo y dónde se les compre estos serán siempre iguales.

Por último, ante la complejidad legal que representa este tipo de compuestos, los gobiernos deben contar con cuerpos legales dinámicos que se vayan mejorando constantemente para adaptarse a las necesidades y retos del control moderno de plagas.

Comercialización

El tema de los insecticidas vegetales no es nuevo y desde hace ya mucho tiempo se han usado en grandes cantidades. Isman (1997) señala que, en 1947, EE.UU llegó a importar más de 6,700 toneladas de *Derris*, y para 1990, se registró la importación de 350 toneladas de piretro. Este mismo autor señala que los insecticidas vegetales constituyen un 1% del mercado mundial, pero que anualmente las ventas aumentan entre un 10 y un 15%, siendo su principal uso en parques y jardines.

Se estima que dentro de cinco años los insecticidas vegetales deberán capturar cerca del 25% de este mercado (Menn y Hall 1999). De acuerdo con Gaugler (1997), el principal problema en la comercialización de los bioplaguicidas es que se les pone en desventaja al comercializarlos usando el mismo modelo de los insecticidas organosintéticos, ya que en realidad

difieren sustancialmente de estos en cuanto a su disponibilidad, nivel y estabilidad de la efectividad biológica. Asher (1987) señala que otro de los inconvenientes presentados por la mayoría de los insecticidas vegetales es que por lo general ejercen controles moderados o bajos, lo cual difiere con las expectativas de los agricultores sobre los insecticidas en general. Sin embargo, las aparentes desventajas se compensan con los mayores estándares de seguridad, además de la menor toxicidad y acumulación en el medio ambiente que generalmente presentan este tipo de compuestos y que debe ser la base de un modelo propio de comercialización (Gaugler 1997).

Divulgación

La divulgación y la extensión son de mucha importancia en lo que se refiere al uso correcto de los insecticidas vegetales. Rodríguez (1993) señala que la gran mayoría de las plantas plaguicidas no se han popularizado totalmente debido a la falta de programas adecuados de extensión y capacitación. Asher (1987) hace una retrospectiva sobre los artículos revisados en las recopilaciones de Vignerón (1978) y Koul (1982), en donde de 300 artículos, un 7% fue publicado antes de 1958, un 8% durante 1950-59, un 40% entre 1960-69 y un 45% entre 1970-78. Como se puede apreciar, el número de artículos publicados aumenta progresivamente. Según Bustamante (1999), la situación se complica debido a que se divulgan recomendaciones de uso que no han sido debidamente validadas o bien, a que se promueve el uso de insecticidas vegetales por parte de personas que nunca los han evaluado en el campo o cuya evaluación es de dudosa calidad. Considerando que las condiciones ambientales cambian de lugar a lugar y que la concentración de ingrediente activo que una planta expresa depende de una compleja interacción de factores, el uso de plantas para controlar insectos debe estar respaldado por investigaciones locales de campo. Tampoco es extraño encontrar en la literatura artículos que derivan conclusiones generales a partir de estudios parciales. Por ejemplo, algunas veces concluyen que las plantas de la familia Rutaceae no tienen propiedades insecticidas, cuando solo han evaluado una o dos especies de dicha familia en una localidad dada. O bien, señalan que matan coleópteros, por ejemplo, sin señalar especies puntuales o cultivos afectados. También es importante indicar que las recomendaciones de uso deben ser precisas y evitar el uso de unidades de medida ambiguas como “un puño”

o “un par de tallos”, porque pueden confundir al agricultor y dificultar la obtención los resultados esperados.

Perspectivas

Los insecticidas vegetales constituyen una “vieja nueva opción” que algunos autores como Simmonds *et al.* (1992), clasifican hoy como la cuarta generación de insecticidas. Para Rodríguez (1996b), se trata de un método biorracional de fitoprotección que permite la sostenibilidad de los agroecosistemas. Isman (1999) señala que dentro de 10 a 15 años, estos compuestos probablemente representarán cerca del 50% del mercado total de insecticidas. Sin embargo, aunque los insecticidas vegetales constituyen opciones muy ventajosas desde el punto de vista ecológico, sería utópico llegar a pensar que van a reemplazar completamente a los insecticidas organosintéticos. Lamentablemente, quienes se oponen al uso de plaguicidas convencionales, rara vez ofrecen soluciones económicamente viables (Arauz 1996).

Pedigo (1999) señala que el manejo integrado de plagas constituye la primera etapa del desarrollo de una agricultura racional que mantenga los niveles de calidad de vida y del ambiente. Además la sostenibilidad, o racionalidad, de la agricultura no implica necesariamente la eliminación de los plaguicidas como opción de manejo, pero pone énfasis en el uso de opciones de bajo riesgo (Arauz 1996).

En 1989, Jacobson indicaba que, de acuerdo con los estudios realizados hasta la fecha, las familias botánicas más prometedoras para su uso en el control de plagas son: Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae y Canellaceae. Sin embargo, hoy en día se encuentran en desarrollo una serie de insecticidas vegetales, de otras familias, como los obtenidos a partir de semillas de *Annona muricata*, *Annona triloba*, *Melia volkensii* y *Nicotiana glauca*. Además, se han obtenido resultados muy prometedores con extractos de las raíces de *Tagetes* spp., extractos foliares de *Ginkgo biloba*, semillas de *Vitis vinifera* y *Lupinus* spp., que en un futuro cercano podrían constituir herramientas nuevas y muy útiles para el control de plagas (Isman 1999). Sin lugar a dudas, la especie que ha presentado un mayor desarrollo en los últimos años ha sido el nim (*Azadirachta indica*; Meliaceae). Rodríguez (2000) señala que sus semillas tienen compuestos que actúan contra más de 200 especies de insectos de los órdenes

Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hymenoptera y Lepidoptera, además de tres especies de ácaros, cinco especies de nematodos y una especie de crustáceo. Los formulados comerciales ya se pueden encontrar en el mercado con nombres como Neem Gold®, Neemazal®, Econeem®, Neemark®, Neemcure® y Azatin®, entre otros, en países como Estados Unidos, India, Alemania y varios países de América Latina (Walter 1999). Además de ser de baja toxicidad para mamíferos, los compuestos obtenidos de esta planta no tienen impacto negativo sobre los insectos benéficos (Schmutterer 1990, Rodríguez y Rodríguez 1994). Otra planta que ha mostrado resultados muy prometedores es Hombre Grande (*Quassia amara*; Simaroubaceae), con la cual Mancebo *et al.* (2000 a y b), utilizando extractos, ha obtenido elevados niveles de fagodifusión en una plaga forestal conocida como el barrenador de las meliaceas (*Hypsipyla grandella* (Zeller)) (Lepidoptera: Pyralidae). Lo anterior nos lleva a pensar que en el corto plazo estas últimas dos plantas se desarrollarán aún más, dados sus buenos resultados tanto en laboratorio como en el campo. Además, no debemos olvidar que se ha experimentado con un número muy reducido de plantas de las 250.000 que existen en el planeta (Valencia 1995). Por lo tanto, no será de extrañar que en el futuro aparezcan nuevas plantas con propiedades insecticidas, con nuevos modos de acción, que nos permitirán ampliar nuestro “arsenal” de opciones de bajo riesgo para el control de plagas. Los insecticidas vegetales presentan además la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, tales como feromonas, aceites, jabones, entomopatógenos, depredadores y parasitoides, entre otros, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a los diferentes programas de manejo (Rodríguez 1996a).

Sin lugar a dudas, las perspectivas para el uso de estos insecticidas vegetales son muy prometedoras. Su participación relativa en el mercado irá aumentando paulatinamente y se perfeccionarán los métodos de búsqueda e identificación de compuestos vegetales que darán origen a nuevas familias de insecticidas mucho menos agresivas con el ambiente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr Cesáreo Rodríguez Hernández por las sugerencias y comentarios realizados durante la elaboración del presente manuscrito.

Literatura citada

- Ahmed, S; Grainge, M. 1985. The use of indigenous plant resources in rural development: Potential of the neem tree. *Inter. J. Devel. Tech.* 3:123-130.
- Ahmed, S; Grainge, M. 1986. Potential of the Neem tree (*Azadirachta indica*) for pest control and rural development. *Economic Botany* 40(2):201-209.
- Altieri, MA. 1993. Designing and Improving pests managements systems for subsistence farmers. *In: Altieri, MA (Ed) Crop protection strategies for subsistence farmers.* Westview Press Inc. Boulder. US. p. 1-20.
- Anderson, JL; Milewski E. 1999. Regulation of plant-pesticides: current status. *In: Kennedy, G; Sutton TB (Eds) Emerging technologies for integrated pest management.* APS Press. St. Paul. Minnesota. US. p. 154-162pp.
- Anónimo. 2000. Resistance defeating botanical insecticides. Success stories. [En línea]. Disponible en http://www.btg.co.uk/success_stories/rdbi.html (Revisado el 13 de Diciembre del 2000).
- Arauz CL. 1996. La protección de cultivos en la agricultura sostenible: perspectivas para Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 41:29-36.
- Asher, KRS. 1987. Plant-derived insect antifeedants: problems and prospects. *Inter. Pest. Control* 21(6):131-133.
- Bustamante, M. 1999. Plaguicidas botánicos; una mentira o una alternativa para el pequeño agricultor. *In: Rodríguez H. C. (Editor) Memoria V Simposio nacional sobre substancias vegetales y minerales para el combate de plagas.* Aguascalientes. Aguascalientes. MX. p. 61-69.
- Casida, J; Quistad, G. 1998. Golden age of insecticide research: Past, Present, or future? *Ann. Rev. Entomol* 43:1-16.
- Coats, JR. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 39:489-515.
- Feng, R; Isman, MB. 1995. Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid *Myzus persicae*. *Experientia* 51:831-833.
- Gaugler, R. 1997. Alternative paradigms for commercializing biopesticides. *Phytoparasitica* 25(3):179-182.
- Geier, B. 1999. La agricultura orgánica en el mundo; Una alternativa para alcanzar un 100% de reducción en el uso de pesticidas. *In: Céspedes, M; Pérez, C (Eds.) Seminario internacional "Producción Orgánica: un desafío para el 2000"* p 12-21.
- Heal, R; Rogers, E; Wallace, RT; Starnes, O. 1950. A survey of plants for insecticidal activity. *Lloydia* 13(2):89-162.
- Hernandez, M; Pérez, E; Villar, C; Delgadillo, A; Tiscareño, M; Juárez, B; Jasso, Y. 1999. Polvos vegetales de plantas silvestres para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motsh., en maíz almacenado. *In: Rodríguez, C. (Ed) Memorias del V Simposio Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas.* Aguascalientes. MX. p. 101-105.
- Isman, BM. 1997. Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. *Phytoparasitica* 25(4):339-344.
- Isman, BM. 1999. Neem and related natural products. *In: Hall, F; Menn, JJ (Eds) Methods in Biotechnology, Vol 5: Biopesticides: Use and Delivery.* Humana Press, Totowa. N.J. USA. p. 139-153.
- Izuru, Y. 1970. Mode of action of pyrethroids, nicotinoids and rotenoids. *Annu. Rev. Entomol.* 15:257-272.
- Jacobson, M. 1989. Botanical Pesticides Past, Present and Future. *In: Arnason, J; Philogéne, BJR; Morand, P (Eds) Insecticides of plant origin.* American Chemical Society, Washington, D.C. US p. 2-10.
- Khambay, B; Batty, D; Cahill, M; Denholm, I; Mead-Briggs, M; Vinnall, S; Niemeyer, H; Simmonds, M. 1999. Isolation, Characterization, and biological activity of Naphtoquinones from *Calceolaria andina* L. *J. Agric. Food Chem.* 47(2):770-775
- Lagunes, TA; Rodríguez, HC. 1989. Búsqueda de la tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT, Colegio de Postgraduados. p 150.
- Lagunes, TA. 1994. Extractos de polvos vegetales, y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria, Colegio de Postgraduados, USAID, CONACYT, BORUCONSA. Montecillo, México 31 p.
- Mancebo, F, Hilje, L; Mora, G; Salazar, R. 2000a. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Crop Protection* 19:301-305.
- Mancebo, F, Hilje, L; Mora, G; Salazar, R. 2000b. Efecto de extractos vegetales sobre larvas de *Hypsipyla grandella*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 55:12-23.
- Menn, J; Hall, F. 1999. Biopesticides present status and future prospects. *In: Hall, F; Menn, JJ (Eds) Methods in Biotechnology, Vol 5: Biopesticides: Use and Delivery.* Humana Press, Totowa. N.J. US. p. 1-10.
- McClintock, JT. 1999. The federal registration process and requirements for the United States. *In: Hall, F; Menn JJ (Eds) Methods in Biotechnology, Vol 5: Biopesticides: Use and Delivery.* Humana Press, Totowa. N.J. US p. 415-441.
- Metcalfe, RL; Metcalfe, ER. 1992. Plant kairomones in insect ecology and control. Chapman and Hall. New York. US. p. 169.
- Pedigo, L. 1999. Entomology and pest management. 3rd ed. Prentice Hall Inc, Nupper Saddle River, NJ. US. p. 691.
- Rodríguez, HC. 1993. Fitoinsecticidas en el combate de insectos. *In: "Bases prácticas de la agroecología en el desarrollo centroamericano". Modulo II: Manejo de plagas en el sistema de producción orgánica.* San Martín Zapotitlan, Retalhuelu. GT. p. 112-125.
- Rodríguez, HC. 1996a. Extensión y capacitación en el uso de plaguicidas botánicos. *In: Memoria I Taller latinoamericano sobre bioplaguicidas ¿Mito, Placebos o una alternativa en la agricultura sostenible?.* Escuela Panamericana de Agricultura. El Zamorano. HN. p. 1-6.
- Rodríguez, HC. 1996b. Plantas insecticidas: Un método sostenible de fitoprotección. *In: Memorias II Simposio Internacional y III Reunión nacional sobre Agricultura sostenible: Una contribución al desarrollo agrícola integral.* Montecillo. MX. p. 233-238.
- Rodríguez, HC. 1997. Insecticidas vegetales y agricultura orgánica. *In: Evento de aprobación en certificación de agricultura orgánica.* Colegio de Postgraduados. Montecillo, MX. p. 162-179.
- Rodríguez, HC. 2000. Plantas contra plagas; Potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Red de alternativas sobre plaguicidas y alternativas en México (RAPAM). Texcoco. MX. 134 p.
- Rodríguez, LD; Rodríguez, S. 1994. El árbol Nim; Una revisión de literatura como introducción a su conocimiento. Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. MX. 69 p.
- Secoy, DM; Smith, AE. 1983. Use of Plants in control of agricultural and domestic pests. *Economic Botany* 37(1):28-57.

- Simmonds, MS; Evans, HC; Blaney, WM. 1992. Pesticides for the year 2000: mycochemicals and botanicals. *In*: Aziz A, S.A.Kadir and H.Barkov (Editors).Pest Management and the environment in 2000. CAB International. Wallingford. Oxon.UK. p.127-164.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potencial of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annu. Rev. Entomol.35:271-97.
- Schmutz, E; Breazeale, L. 1986. Plants that poison. Northland press. Flagstaff. Arizona.US.p. 241.
- Schoonhoven, LM. 1982. Biological aspects of antifeedants. Ent.Exp. & appl.31:57-69.
- Swain, T. 1977. Secondary compounds as protective agents. Ann.Rev. Physiol.28:479-501.
- Valencia, C. 1995. Fundamentos de Fitoquímica. Editorial Trillas. México DF. MX.235 p.
- Vandermeer,J. 1996. El conocimiento ecológico y la complejidad para el Manejo Integrado de Plagas,en el mundo postmoderno.Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 41:37-44
- Ware, G. 1994. The pesticide Book. Thomson Publications. San Francisco. US. 356 p.
- Walter,J. 1999.Commercial experience with neem products. In: Hall and Menn (Eds).Biopesticides:Use and Delivery. Humana Press Inc,Totowa,NJ. USA. p. 155-170.